

Tecnología Digital, Matemática y Física: un estrecho vínculo.

Rosa Nina Enrich; Mariano Fabián Creus y Gustavo Ciancio.
Laboratorio de Investigación Proyectual (LIP), Facultad de Arquitectura y Urbanismo,
UNLP. Calle 47 N° 172, La Plata, Argentina.

E-mail: ninanerich60@gmail.com; mariano.creus@gmail.com

Resumen:

En nuestra Cátedra, la Matemática y la Física confluyen en un único espacio didáctico. De ahí que, desde nuestro rol, desarrollamos estrategias en el marco de los procesos de enseñanza y aprendizaje que favorezcan la formación en ciencias básicas de los estudiantes de arquitectura a nuestro cargo.

Hemos desarrollado para ambas asignaturas, un espacio cuya mediación didáctica se basa en una combinación de presencialidad y virtualidad constituyéndose en un *aula extendida*. Se promueve la construcción participativa del conocimiento, tanto a través de las clases presenciales como de las actividades virtuales. Se favorece así, la adquisición de las competencias necesarias –tanto en matemática como en física- que son requeridas en el resto de la carrera.

En este contexto, el alumno dispone, además del espacio didáctico presencial, de uno virtual constituido por un Blog y un Grupo cerrado de FB, por medio de los cuales intensifica su contacto con los docentes y accede a material didáctico que apoya y profundiza los efectos de las diferentes estrategias de aprendizaje implementadas.

Entre el material diseñado para la virtualidad, destacamos la experiencia realizada con un aplicativo diseñado para visualizar superficies en 3D, elaborado con las restricciones propias del nivel del curso. El algoritmo, implementado en lenguaje de programación MATLAB, permite modelar las envolventes de objetos con hasta 20 superficies diferentes, asignando a cada una un color particular y un conjunto de cotas diferentes. Con este software, es posible visualizar u ocultar superficies y guardar en disco el proyecto realizado.

Su uso favorece la comprensión de los conceptos específicos de geometría en el espacio que se desarrollan partir de sus fundamentos matemáticos.

Desde principios del año en curso se desarrollan simulaciones digitales de fenómenos físicos para la enseñanza de calor, electricidad y fluidos. Se presentarán modelaciones de superficies 3D y simulaciones, programadas en Easy Java Simulations (EJS) de diferentes fenómenos físicos.

La experiencia de la implementación de diferentes herramientas digitales con alto grado de interactividad ha permitido apoyar el desarrollo de la capacidad de manejo de las geometría 3D y suplir la carencia de laboratorios de física fomentando el uso cognitivo de la virtualidad.

Palabras clave: tecnología digital, matemática, física, herramientas digitales a medida

Contextualizando la experiencia.

El reto de una investigación sobre la enseñanza de la matemática no es sólo saber cuáles contenidos enseñar y de qué manera introducirlos en clase, sino también analizar las razones estructurales de los problemas de comprensión con los cuales se enfrenta la mayoría de los alumnos de todos los niveles de enseñanza. (Duval, 2001, p. 15)

En el año 2011 se implementa un nuevo Plan de Estudios que produce un reajuste de contenidos y carga horaria, recupera el espacio de las áreas y estimula la articulación entre cátedras¹ lo cual favorece la implementación de nuestra propuesta pedagógica que promueve la interdisciplinariedad. Se cuenta con un espacio para la evaluación y seguimiento de la implementación del Plan lo cual genera un intercambio regular de opiniones que permiten reajustar la selección de contenidos, con base en los enfoques metodológicos y los marcos didácticos de trabajo en el aula.

La cátedra pertenece al área de Ciencias Básicas, Tecnología y Producción constituida por 18 cátedras de las cuales sólo 3 son de matemática. Tiene dos niveles: la asignatura de 1er año (Nivel 1) es Elementos de Matemática y Física; la de 2do año es Matemática Aplicada (Nivel 2).

Nuestra propuesta acerca de la enseñanza de la Matemática y la Física en Arquitectura se fundamenta en la importancia de poner de manifiesto la necesidad que de ellas tiene el arquitecto. Por tal motivo, los procesos de enseñanza y de aprendizaje se contextualizan, dentro y fuera del área, dependiendo del contenido a abordar.

Por lo expuesto, promovemos situaciones didácticas que permitan al estudiante:

- ✓ descubrir la necesidad de ambas disciplinas para la resolución de problemáticas de la especialidad;
- ✓ funcionalizar y contextualizar sus procesos de aprendizaje;
- ✓ generalizar lo aprendido, transformándolo en competencias metacognitivas posibles de ser transferidas a otros contextos y situaciones.

La Matemática y la Física cumplen un rol importante en la formación de los estudiantes por cuanto permiten que incorporen conceptos, herramientas, modos de razonamiento que serán parte de su ejercicio profesional. Desde el Plan de estudios² se propone: *consolidar la formación científica / técnica a través de las distintas áreas de conocimiento y profundizar el abordaje interdisciplinario en la resolución de problemas concretos.*

Ambas cuestiones son abordadas en el marco de nuestra propuesta pedagógica. Conociendo la relación entre Matemática, Física, Tecnología, Diseño y Arquitectura, es nuestro propósito transmitir la idea didáctica de que puede encontrarse en el estudio de esta relación una buena oportunidad para desarrollar actividades intra e inter área.

Incidencia de la evolución de las tecnologías digitales.

Su evolución ha modificado modos de pensamiento, de ver el mundo, de comunicarse, de aprender, etc. Genera la necesidad de contar con nuevos

¹A fin de superar la falta de integración entre asignaturas y áreas se propone instrumentar un mecanismo de seguimiento académico que incluya la existencia efectiva de espacios de coordinación intra e interáreas que promueva la búsqueda continúa de la integración de los saberes en la formación (Plan de estudios VI Ítem 2.3.a, pág. 7)

²Plan de Estudios VI, Ciclo Medio, Objetivos Generales, pág.29

paradigmas de aprendizaje y en consecuencia nuevos paradigmas de enseñanza que acompañen a dicha evolución y favorezcan el uso responsable de las mismas por parte de los estudiantes.

Como consecuencia de este proceso surgen las, hoy llamadas, “pedagogías emergentes”, como el Conectivismo (Siemens, 2004), que plantea la necesidad de estudiar la incidencia que las redes digitales tienen en los procesos de aprendizaje. En el artículo fundante de la teoría, dice Siemens:

“El conocimiento personal se compone de una red, la cual alimenta a organizaciones e instituciones, las que a su vez retroalimentan a la red, proveyendo nuevo aprendizaje para los individuos. Este ciclo de desarrollo del conocimiento (personal a la red, de la red a la institución) le permite a los aprendices estar actualizados en su área mediante las conexiones que han formado.”

Esta cuestión nos exige un compromiso cada vez mayor con el cambio y por lo tanto con la inclusión de las nuevas herramientas tecnológicas que se nos ofrecen o desarrollamos y que nos llevan a reflexionar sobre la importancia de estimular en el estudiante en la evolución de sus procesos de aprendizaje. La ampliación del aula con estos recursos, produce un mayor acercamiento a la profesión para la que se los capacita, se potencian competencias transversales de autonomía, responsabilidad, aprendizaje colaborativo, formación continua, etc., siendo necesario no perder de vista las dificultades, detectadas y potenciales, que pueden presentarse en el uso de este tipo de herramientas.

Desde nuestro lugar de trabajo, en docencia e investigación, aspiramos a consolidar la incluir paradigmas de aprendizaje relacionados con el uso de tecnologías digitales. En particular, en lo relacionado con el desarrollo (o diseño) e implementación de herramientas digitales de aprendizaje (HDA).

Cabe destacar, como valor agregado de estos últimos años, la constante generación de nuevos procesos que, gracias al uso de las redes digitales y de la evolución de la cultura de la información compartida (“código abierto”) expanden este modelo de aprendizaje al posibilitarse la generación distribuida del conocimiento y favorecerse su difusión. Actualmente, el número de software de código abierto es cada vez mayor en el campo de la matemática y la física, y está en pleno desarrollo en el campo del diseño, sin embargo, su incorporación sistemática en instancias de formación aún es minoritaria.

Como parte del proceso de investigación, se experimentó con el diseño de un *aula extendida*³, cuya mediación didáctica consiste en la combinación de presencialidad y virtualidad. Fue estructurada sobre una propuesta de enseñanza basada en las nuevas corrientes de la didáctica de la matemática y la física, relacionada con la construcción participativa del conocimiento. Para las actividades a distancia, se dispuso, inicialmente, del acceso al entorno Web de Apoyo a Cátedras (WAC) de la UNLP. Sin embargo, las dificultades operativas relacionadas con dicho entorno nos alentaron a experimentar con otros tipos de recursos para la mediación digital: los blogs y lo grupos cerrados de FB.

Herramientas Digitales de Aprendizaje (HDA), a medida.

Como docentes e investigadores en procesos de enseñanza y aprendizaje de matemática y física para estudiantes de arquitectura, el uso de la mediación digital,

³ Un aula extendida implica una complementariedad entre presencialidad y virtualidad (Serrano y Muñoz, 2008).

tanto para la comunicación como para el diseño e implementación de materiales didácticos, se ha convertido en uno de los ejes de nuestro trabajo.

Sin embargo, incorporar herramientas digitales a la mediación didáctica implica analizar -previamente- la potencialidad de cada herramienta y la modificación de los procesos de enseñanza y aprendizaje que genera. Otro aspecto que se tiene en cuenta es la necesaria capacitación de los docentes que estarán en contacto directo con el estudiante.

Si bien los diversos software proveen herramientas ya diseñadas que pueden obtenerse online, no siempre se ajustan a las necesidades específicas del curso en desarrollo. De ahí la necesidad de contar con HDA, elaboradas "a medida" de la situación de aprendizaje propuesta.

Las HDA en el aula -real o virtual- desempeñan un papel cada vez más importante en la enseñanza de las ciencias. Para representar, en computadora, la evolución de un fenómeno físico o de una determinada relación matemática es necesario que el usuario cuente con un mínimo de conocimientos técnicos para el uso del software. En la práctica ello no sucede, por lo que la herramienta se vuelve compleja ya que se invierte más tiempo en que el alumno aprenda a usarla que en promover el aprendizaje en cuestión. Por ello, para apoyar el aprendizaje de física y matemática, resulta conveniente contar con *HDAs, a medida*, que no presenten más requisitos para su uso que los correspondientes a los contenidos específicos.

Estas herramientas deben constituirse en favorecedoras de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. De hecho, un aprendizaje es significativo cuando se constituye en nuevo modelo mental⁴ del alumno. Pero si consideramos que, en el ejercicio de la docencia es muy difícil conocer de qué modo aprende un estudiante, resulta indispensable, según Moreira (2002, 12) asegurarnos que el modelo mental adquirido se corresponda con el modelo conceptual⁵. Es éste el sentido en el que las *HDA, a medida*, intervienen: favoreciendo la constitución de modelos mentales adecuados porque se centra en lo esencial del concepto y no en lo accesorio de "cómo usar la herramienta".

Nuestro desempeño como docentes en FAU nos ha permitido comprobar que los modelos mentales de nuestros estudiantes suelen presentar deficiencias que dificultan sus procesos de aprendizaje. Por ello sucede, que el aprendizaje de una nueva teoría no es causa suficiente para impedir que el reciente modelo mental adquirido y su modelo mental preexistente, convivan sin mayores dificultades aunque sean contradictorios.

Esto es un grave problema para el desarrollo eficaz de los procesos de enseñanza y de aprendizaje y debe ser tenido en cuenta a la hora de diseñar los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Al planificar una situación de enseñanza computarizada o digital, pasamos de un Modelo Conceptual (que es nuestro modelo mental) al modelo Físico idealizado y luego al Modelo Matemático. El paso siguiente se refiere a la simulación que no es sino la experimentación de dicho modelo. Si lo pensamos desde el punto de vista del aprendizaje, la simulación tiene el rol de la experimentación y, por lo tanto, interviene en la modificación del modelo mental del alumno. (Kofman, 2010)

⁴Es un análogo estructural que cada uno elabora de un estado de cosas, evento u objeto, del mundo.

⁵ Se denominan a sí a los modelos diseñados por docentes, investigadores, etc., para facilitar la enseñanza o aprendizaje de un concepto.

En este sentido, consideramos a las simulaciones como valiosas herramientas didácticas: ayudan al alumno en la tarea de la re-elaboración de su modelo mental sobre el objeto en estudio. En términos amplios, una *simulación* es un proceso interactivo en el cual se generan y evalúan los resultados que produce un modelo, con la finalidad de describir el sistema que representa o realizar predicciones sobre su evolución. En cambio, una *simulación digital*, además de incluir dichas características, se realiza por medio de un dispositivo digital (página web, PCs, tabletas, teléfono móvil inteligente, etc.)

Fundamentación desde la Didáctica de la Matemática.

Muchos de los esfuerzos de la comunidad de investigadores en educación matemática, se han dirigido a promover el aprendizaje y la enseñanza, con y para la comprensión, y en éstos generalmente emergen asuntos relacionados con las representaciones de los conceptos.

Dichos investigadores han tenido en cuenta las representaciones en los procesos de enseñanza – aprendizaje, como herramientas importantes en la construcción de significados. Ello se debe a que juegan un papel fundamental en los procesos de comprensión. Al respecto Duval (2004, p.24) afirma:

“La actividad matemática es un tipo de actividad que, a pesar de su universalidad cultural, a pesar de su carácter puramente intelectual, supone una manera de pensar que no es nada espontánea para la gran mayoría de alumnos y de adultos. Necesita modos de funcionamiento cognitivos que requieren la movilización de sistemas específicos de representación. Estos sistemas constituyen registros de representación semiótica. Su integración a la arquitectura cognitiva de los sujetos es la condición absolutamente necesaria para poder comprender en matemáticas.”

En este sentido es que se aborda el estudio de temas de Geometría, incorporando HDA para producir el nexo entre la representación algebraica y la representación gráfica del contenido. Entendemos que de este modo se favorece la construcción de un modelo mental en el que conviven ambos tipos de representación. Su consolidación depende de los vínculos que se establezcan entre una y otra. Aquí juega una importancia fundamental que la HDA permita que ambas representaciones estén a la vista del estudiante.

Ejemplos de HDA

1. Geometría: Visualizador de superficies 3D.

En el marco del desarrollo del programa de estudio, una de las unidades temáticas se refiere al estudio de las Superficies 3D. Por la naturaleza de los aprendizajes previos les resulta más sencillo el manejo de la representación algebraica. La representación gráfica suele convertirse en un obstáculo difícil de superar.

La búsqueda de estrategias para que lo superaran nos llevó a utilizar distintos tipos de softwares matemáticos (Maple, Mathematica, etc.) con excelentes resultados desde el punto de vista de la elaboración de material didáctico digital o en papel. Sin embargo ninguno de ellos permite que el alumno se maneje con las expresiones simbólicas, independientemente de la sintaxis específica de programación, para generar la representación gráfica para luego actuar sobre ella. Esto último se refiere a la modificación de sus diferentes parámetros para visualizar que efectos se producen sobre la forma, obteniendo así resultados que promuevan la consolidación de sus

aprendizajes y que además sean el resultado de su propia creatividad. En este proceso de búsqueda de diferentes alternativas, se desarrolló un aplicativo, en lenguaje de programación MATLAB, para visualizar superficies en 3D, respetando las restricciones propias del nivel del curso que dictamos. El aplicativo elaborado hace posible que un usuario sin experiencia alguna en programación pueda acceder a una herramienta para generar gráficos 3D de calidad. El algoritmo desarrollado consta de tres archivos m-files: un script para generar la interfaz con el usuario y dos funciones con los parámetros de la superficie como argumentos y el correspondiente gráfico como salida. El programa funciona en PCs/Notebooks con sistemas Windows XP y posteriores.

El uso del aplicativo, favorece la comprensión de los conceptos específicos de geometría que se desarrollan por cuanto obliga a establecer, en un entorno gráfico amigable, los valores de las constantes canónicas, especificar las potencias de cada variable, asignar los signos de cada uno de los términos, establecer las coordenadas del centro o del vértice, así como el valor del término independiente. De este modo, visualizan las modificaciones de la forma a partir del cambio de los parámetros de la ecuación. Las experiencias realizadas en clase y así como las posteriores actividades de aplicación y diseño propuestas, evidencian los niveles de comprensión alcanzados. El aplicativo permite modelar las envolventes del objeto que se desea estudiar y/o diseñar, generar gráficos con hasta 20 superficies diferentes, graficar sólo aquellas seleccionadas, establecer sus cotas, destacar sus intersecciones, asignar colores a cada una y guardar en disco el proyecto realizado.

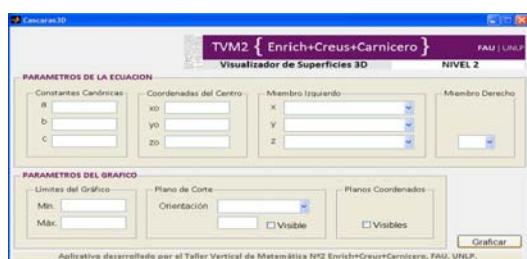


Figura 3. Pantalla del aplicativo

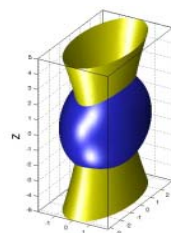


Figura 4: imagen exportada

Fuente propia: intersección entre hiperboloide de una hoja y elipsoide.

De este modo se colabora no solo con el aprendizaje de conceptos propios de la disciplina sino también, y fundamentalmente, con el desarrollo de la capacidad de diseñar envolventes a partir de sus fundamentos matemáticos. Si bien su principal ventaja reside en que no se requiere el conocimiento de una sintaxis específica de programación para definir las superficies a graficar; sí es un requisito esencial manejar con solvencia sus expresiones simbólicas, escritas en lenguaje algebraico y haber adquirido la noción de la forma que se asocia a ellas.

2. Física: Calculador de transmitancia térmica

En el marco del desarrollo de la Unidad Calor surge, como aplicación contextualizada, la necesidad de determinar la transmitancia térmica de muros o techos que se caracterizan por estar constituidos por varias capas de distintos tipos de materiales.

El ejercicio de aplicación consistió en evaluar la transmitancia térmica de la envolvente original de una vivienda precaria, de la envolvente alternativa diseñada por los estudiantes y de las alternativas mejoradoras que otros compañeros propusieron y que debían ser de bajo costo y fácil disponibilidad, dentro de los límites admisibles de habitabilidad.

El material básico de trabajo para desarrollar esta actividad se obtuvo de la participación en el Proyecto de Extensión Universitaria Intercátedra “Estrategias de

mejoramiento del hábitat. La correcta utilización del material en viviendas del barrio Villa Alba, construidas con mínimos recursos.” Su ejecución estuvo a cargo de tres cátedras con pertenencia a los tres ciclos de la carrera.

Desde la Física, la participación se materializó mediante el diseño de un aplicativo, al que llamamos “Calculador de transmitancia térmica” (Fig. 3) que facilita el análisis de las distintas alternativas en estudio. Dicho aplicativo se convierte, además, en una herramienta de trabajo para futuros análisis térmicos. Todos los cálculos realizados se ajustaron al procedimiento establecido por la norma IRAM⁶ 11601. Se recurrió a fuentes de datos provistas por otros equipos de investigación relacionadas con la conductancia térmica de materiales no convencionales en la construcción y que abaratan el costo de mejoramiento de la vivienda. La actividad finalizó con la comparación de los resultados obtenidos. En Figura 4 se pueden ver imágenes de la actividad llevada a cabo en clase.

Las características particulares del clima local impusieron la necesidad de contar con un dispositivo que permitiera medir la conductancia de materiales no considerados por los grupos mencionados (provenientes de provincias con clima más seco). Por tal motivo se diseñó un equipo cuya construcción está en proceso.

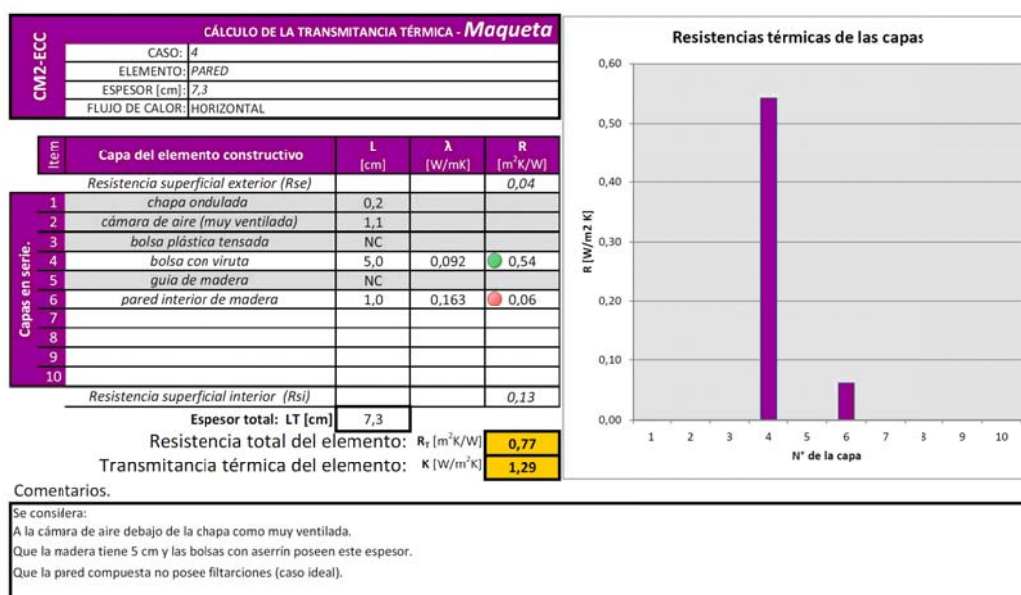


Fig. 3: Calculador elaborado para determinar la transmitancia térmica de los modelos.
Fuente: elaboración propia

⁶ Normas establecidas por IRAM, Organismo Nacional de Normalización de Materiales, desde 1937. Es el único representante argentino ante las organizaciones regionales de normalización, como la Asociación Mercosur de Normalización (AMN) y la Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT), y ante las organizaciones internacionales: International Organization for Standardization (ISO) e International Electrotechnical Commission (IEC)



Fig. 4: Vistas de una clase de cálculo de la transmitancia.
Fuente:Registro fotografico propio

Conclusiones

En nuestra experiencia, la inclusión de diferentes aspectos de las tecnologías digitales en la práctica docente produce efectos positivos que merecen ser reconocidos.

Por una parte, la implementación de un blog y un grupo cerrado de FB optimizó la comunicación con los estudiantes debido a la enorme difusión del uso de tecnologías móviles inteligentes.

Por la otra, el diseño e implementación de HDA, a medida, con alto grado de interactividad ha permitido apoyar el desarrollo de la capacidad de manejo de conceptos de la Geometría 3D y atenuar los efectos de la carencia de laboratorios de física. Destacamos la ventaja de su elaboración con base en las necesidades específicas del curso.

Referencias

- Dussel, I. y Quevedo, L. A. (2010). *Educación y nuevas tecnologías: los desafíos pedagógicos ante el mundo digital*. Bs. As. Santillana.
- García Aretio, L. y otros (2007) *De la educación a distancia a la educación virtual*. Barcelona. Ariel.
- García Aretio, L. (2014) *Bases, mediaciones y futuro de la educación a distancia en la sociedad digital*. Madrid. Síntesis.
- García Valcarcel, A. (2009) "Herramientas tecnológicas para la docencia universitaria" en *La incorporación de las TIC en la docencia universitaria: recursos para la formación del profesorado*. Barcelona. Colección Redes. Da Vinci.
- Kofman, H. A. (2010) *Modelos y simulaciones computacionales en la enseñanza de la física*. [En línea] Santa Fé, FiQ-UNL. [Fecha de consulta: 22/04/2013]
- Lave, J. (1991) *La cognición en la práctica*. Cognición y desarrollo humano. Barcelona. Paidós
- Moreira M A. y Rodríguez Palmero, M.L. (2002) "Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias." *Revista Brasileira da Pesquisa em Educação em Ciências*. 2:3 (37;57) Porto Alegre.
- Morin, E. (1994) *Introducción al pensamiento complejo*. Barcelona. Gedisa
- Siemens, G. (2004) *Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital* [En línea] Licencia Creative Commons, traducido en 2007 [Fecha de consulta: 12/08/2012]